



This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0062414
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 09월 06일
Date of Application SEP 06, 2003

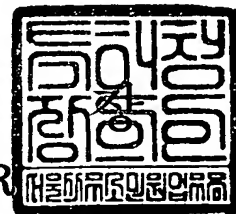
출원인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Inst



2003 년 10 월 09 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0001
【제출일자】	2003.09.06
【발명의 명칭】	도파로형 광 검출기
【발명의 영문명칭】	Waveguide photodetector
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【성명】	신영무
【대리인코드】	9-1998-000265-6
【포괄위임등록번호】	2001-032061-5
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박정우
【성명의 영문표기】	PARK, Jung Woo
【주민등록번호】	690715-1029432
【우편번호】	130-875
【주소】	서울특별시 동대문구 휘경1동 148-59
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	백용순
【성명의 영문표기】	BAEK, Yong Soon
【주민등록번호】	641116-1066915
【우편번호】	305-761
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 106-1108
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 신영무 (인)

【수수료】

【기본출원료】 12 면 29,000 원

【가산출원료】 0 면 0 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 4 항 237,000 원

【합계】 266,000 원

【감면사유】 정부출연연구기관

【감면후 수수료】 133,000 원

【기술이전】

【기술양도】 희망

【실시권 허여】 희망

【기술지도】 희망

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 광섬유나 PLC(Planar Lightwave Circuit)와의 결합 효율(Coupling efficiency)이 우수한 도파로형 광 검출기(Waveguide Photodetector)에 관한 것이다. 모드 빔의 크기를 증가시키고 광섬유나 PLC의 도파로로부터 빛을 잘 받아들이도록 하기 위해 얇은 흡수층(Absorbing layer)을 코어(Core)로 이용하고, 흡수층과 유사한 굴절율을 가지는 반도체를 클래드층으로 이용함으로써 빛이 큰 모드 크기를 가지고 도파될 수 있어 광섬유 또는 PLC와의 결합 효율이 우수하고, 또한, 흡수층과 클래드층 사이의 굴절율 차이가 작아져 두 물질 사이의 작은 밴드갭 차이로 인해 발생하는 캐리어의 트래핑(trapping)이 억제된다.

【대표도】

도 3

【색인어】

광 검출기, 광섬유, PLC, 간격층, 흡수층

【명세서】

【발명의 명칭】

도파로형 광 검출기 {Waveguide photodetector}

【도면의 간단한 설명】

도 1 및 도 2는 종래의 도파로형 광 검출기를 설명하기 위한 단면도.

도 3은 본 발명에 따른 도파로형 광 검출기를 설명하기 위한 단면도.

도 4는 도 3의 구조에서 y-축 방향의 빛의 분포도.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

1, 14, 40: 흡수층 2, 3: SCH층

4, 5: 클래드층 12: 코어층

16: 기판 18, 36: 전극

24: 전도층 34: n⁺층

35: p⁺층 41: 간격층

42: p-클래드층 43: n-클래드층

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <11> 본 발명은 광 검출기(Waveguide Photodetector)에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 광섬유나 PLC(Planar Lightwave Circuit)와의 결합 효율(Coupling efficiency)이 우수하며, 높은 입력 파워에서도 고속동작이 가능한 도파로형 광 검출기에 관한 것이다.
- <12> 빛을 매개로 하는 신호를 전기적 신호로 변환하는 광 검출기는 대개 반도체로 제작되며, 용도에 따라 다른 종류의 반도체 물질이 사용된다. 반도체로 제작된 광 검출기의 반도체 흡수층은 빛을 받아 전자(electron)와 정공(hole)을 발생시키며, 발생된 전자와 정공이 각각의 전극으로 이동하여 전기적 신호가 만들어진다.
- <13> 예를 들어, PIN 다이오드 광 검출기에 역전압(reverse bias)을 인가하면 발생된 전자는 n-전극으로 이동하고 정공은 p-전극으로 이동한다. 따라서 PIN 다이오드의 동작속도는 발생된 전하가 각각의 전극으로 이동하는 시간 즉, 통과속도(transit time)와 PIN 다이오드의 커패시턴스 및 부하저항에 따른 RC 효과에 의해 좌우된다. 그러므로 고속의 동작을 위해서는 통과시간과 커패시턴스를 줄여야 하는데, 통과시간을 줄이려면 흡수층의 두께를 얇게 해야 한다. 그러나 흡수층의 두께를 줄이면 커패시턴스가 증가하기 때문에 용도에 따라 흡수층의 두께를 적절히 조절해야만 한다.
- <14> 일반적으로 도파로형 광 검출기는 PLC와 같은 광 소자와의 집적을 위해서 사용된다. 도파로형 광 검출기는 일반적인 표면입사(Surface illumination) 광 검출기보다 고속, 고효율로

동작이 가능하다. 이러한 장점 때문에 측면입사(Side illumination) 도파로형 광 검출기가 많이 개발되고 있다.

- <15> 이러한 도파로형 광 검출기의 효율을 높게 하기 위해서는 광섬유 또는 PLC와의 결합 효율을 높이는 것이 중요하다. 일반적으로 광섬유나 PLC로부터 나오는 빛은 7 내지 $10\mu\text{m}$ 의 직경을 갖는데, 반도체 도파로의 경우에는 이와 같이 크기가 큰 빛을 효율적으로 도파시킬 수 있도록 만들기 어렵다.
- <16> 그래서 크기가 큰 빛을 효율적으로 도파시키기 위해 도 1과 같은 다중모드 도파로형 광 검출기가 제안되었다 ["A high efficiency 50GHz InGaAs multimode waveguide photodetector", IEEE J. of Quantum Electronics, vol. 28, No.12, pp.2728-2735, 1992 참조].
- <17> 도 1은 클래드층(5) 상에 SCH(Separate Confinement Heterostructure)층(3), 흡수층(1), SCH층(2) 및 클래드층(4)을 성장시킨 후 클래드층(4), SCH층(2), 흡수층(1), SCH층(3) 및 클래드층(5)의 일부 두께를 식각한 구조로서, 입사된 빛이 InGaAs로 이루어진 흡수층(1)에만 구속(confine)되지 않고 흡수층(1) 양쪽의 p-InGaAsP로 이루어진 SCH층(2)과 n-InGaAsP로 이루어진 SCH층(3)에도 걸쳐 있으므로 큰 모드 크기의 빛을 도파시키면서 광을 검출할 수 있다.
- <18> 그러나 이러한 구조를 제작하기 위해서는 깊은 두께의 식각이 필요하기 때문에 제작상의 어려움이 있다. 실질적으로 실리카 PLC와 양호한 결합을 이룰 수 있는 광 검출기를 제작하려면 도 1의 구조에서 $5\mu\text{m}$ 이상 두께의 층을 식각해야 한다. 또한, InGaAs 흡수층(1)의 두께가 두꺼워 입사된 빛의 많은 부분이 InGaAs 흡수층(1)에 구속된다. 따라서 높은 파워의 빛이 들어오면 과도한 전자와 전공이 발생되어 광 검출기에 인가되는 전압을 감소시키는 효과가 발생하므로 동작속도가 감소된다. 즉, 높은 파워의 광이 입사되면 동작속도가 저하된다.

- <19> 그래서 도 2에 도시된 바와 같이 높은 파워의 입력에서도 고속으로 동작할 수 있는 도파로형 광 검출기가 제안되었다 [미국특허 제6,278,820 B1호 참조].
- <20> 기판(16) 상에 도파로의 코어층(12)이 형성되고, 코어층(12) 상에 도프트(Doped) n+층(34), 중간층으로서의 도핑된 전도층(24), 흡수층(14) 및 p+층(35)이 형성되는데, P+층(35), 흡수층(14), 전도층(24) 및 n+층(34)의 일부 두께는 릿(rib) 구조로 패터닝된 구조이며, 패터닝된 흡수층(14) 상에 전극(18 및 36)이 각각 형성된다.
- <21> 도 2의 구조에서는 광 도파로의 코어층(12)이 흡수층(14)의 하부에 형성되고, 주로 코어층(12)에 의해 광 도파가 이루어지며 흡수층(14)에는 약간의 빛이 걸리게 된다. 따라서 높은 파워의 빛이 들어와도 흡수층(14)에서 전자와 정공이 조금씩 발생되므로 결과적으로 도 1의 구조에서 발생할 수 있는 높은 파워에서의 속도 저하가 방지된다.
- <22> 한편, 큰 모드 크기의 빛을 도파시키기 위해서는 도파로를 크게 만들어야 하는데, 도 1에 도시된 구조의 경우에는 많은 량의 식각이 필요하지만, 도 2에 도시된 구조에서는 약간의 식각만으로도 큰 모드 크기의 빛을 도파시킬 수 있다. 그러나 도 2의 구조는 흡수층(14), 중간층(24) 등이 주 도파로 역할을 하는 코어층(12)과 함께 하나의 도파로를 형성하므로 도파 모드의 중심축이 코어층(12)의 중심에 오지 않고 그 중심축이 불확실해진다. 따라서 PLC와 집적할 경우 중심축을 정확히 잡기가 어려우며, 따라서 PLC와의 효율적인 결합이 어려워진다.
- 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**
- <23> 따라서 본 발명은 얇은 흡수층을 코어로 이용하고, 흡수층과 유사한 굴절율을 가지는 반도체를 클래드층으로 이용함으로써 상기한 단점을 해소할 수 있는 도파로형 광 검출기를 제공하는 데 그 목적이 있다.

- <24> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 하부 및 상부 클래드층과, 상기 하부 및 상부 클래드층 사이에 형성되며, 도파로의 코어층 역할을 하는 흡수층과, 상기 흡수층 및 하부 클래드층 사이에 형성되며, 상기 흡수층보다 크고 상기 하부 클래드층보다 작거나 같은 밴드갭과 상기 흡수층과 유사하고 상기 하부 클래드층보다 크거나 같은 굴절률을 갖는 간격층을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <25> 상기 흡수층은 도파되는 빛의 세기가 넓은 분포를 가지도록 $0.2\mu\text{m}$ 이하의 두께로 형성되고, 상기 상부 클래드층과의 굴절률 차이가 0.2보다 작은 물질로 이루어진 것을 특징으로 한다.
- <26> 상기 간격층은 상기 하부 클래드층과 같은 물질로 이루어지며, 원하는 동작속도를 얻기 위해 상기 간격층 및 상기 흡수층의 밴드갭을 조절하는 것을 특징으로 한다.

【발명의 구성 및 작용】

- <27> 종래의 광 검출기는 과도한 식각으로 인한 제작상의 어려움, 높은 입사 파워에서의 속도 저하, PLC와 집적시 중심축 선정의 어려움 등의 문제점을 가지고 있다. 본 발명은 이러한 문제점을 해결하고 고속동작 및 고효율을 갖는 광 도파로형 광 검출기를 제공한다.
- <28> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- <29> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 검출기의 단면도이다.
- <30> 기판(44) 상에 n-클래드층(43), 도핑되지 않은 간격층(spacer)(41), 흡수층(40) 및 p-클래드층(42)을 형성하고, 소정 부분의 p-클래드층(42), 흡수층(40) 및 간격층(41)의 일부 두께를 식각한다. 이 때 도파되는 빛의 중심축이 흡수층(40)의 중심축과 일치되도록 식각 깊이를 조절한다.

- <31> 상기 간격층(41)의 밴드갭(bandgap)은 상기 흡수층(40)의 밴드갭보다 크고 n-클래드층(43)의 밴드갭보다 작거나 같게 하며, 굴절률은 흡수층(40)의 굴절률과 가깝고 n-클래드층(43)의 굴절률보다 크거나 같게 한다. 상기 흡수층(40)은 도파되는 빛의 세기가 y-축으로 도 4와 같이 넓은 분포를 가지도록 얇게 형성하며, p-클래드층(42)과의 굴절률 차이가 0.2보다 작은 물질로 형성한다. 그리고 광학적으로 광 도파가 잘 이루어지고 전기적으로 전하의 트래핑이 감소되도록 상기 간격층(41)은 n-클래드층(43)과 같은 물질로 형성할 수 있다.
- <32> 상기와 같이 본 발명은 상기 간격층(41)의 밴드갭을 상기 흡수층(40)의 밴드갭보다 크게 한다. 간격층(41)의 밴드갭을 흡수층(40)의 밴드갭보다 크게 하면 흡수층(40)의 굴절율이 간격층(41)의 굴절율보다 커져 흡수층(40)이 광 도파로의 코어층으로 역할을 하게 된다. 간격층(41)의 밴드갭이 크면 간격층(41)과 흡수층(40)의 접합부분에서 conduction band discontinuity와 valence band discontinuity가 발생하는데, 이러한 discontinuity는 전자와 정공이 각각 n-클래드(43)와 p-클래드(42) 쪽으로 이동하는 것을 방해하여 광 검출기의 속도 저하를 유발시킨다. 이러한 속도 저하는 정공의 경우 더 정도가 심하게 나타난다. 광통신에 사용되는 빛의 파장인 $1.3\mu\text{m}$, $1.55\mu\text{m}$ 대역에서 동작하는 광 검출기의 흡수층은 대개 InGaAs층으로 형성되고, 간격층은 InGaAsP 또는 InP층으로 형성된다. 이러한 물질계에서는 일반적으로 valence band discontinuity가 conduction band discontinuity보다 크게 발생한다. 따라서 전자가 conduction band discontinuity를 지나는 데 정공이 valence band discontinuity를 지나는 것보다 덜 방해를 받는다. 또한, 전자의 유효질량(effective mass)이 정공의 유효질량보다 작기 때문에 band discontinuity를 잘 극복하고 전극쪽으로 잘 전달된다. 따라서 본 발명은 이러한 이유로 간격층(41)을 흡수층(40)과 n-클래드(43) 사이에 형성하고, 간격층(41)과 흡수층(40)의 밴드갭 차이를 이용하여 동작속도를 조절한다.



<33> 또한, 본 발명은 코어층 역할을 하는 흡수층(40)을 예를 들어, $0.2\mu\text{m}$ 이하의 두께로 얇게 형성한다. 흡수층(40)을 얇게 형성하여 빛의 세기 분포를 넓게 하는 방법은 레이저 다이오드의 모드 크기 변환기(spot size converter) 제작 과정에서 흔히 사용되는 방법으로, 이러한 구조에서 광 도파로의 모드는 도 3의 타원(A 부분) 처럼 형성된다. 따라서 이 방법을 이용하면 광섬유나 PLC의 빔 크기에 맞게 광 검출기를 설계할 수 있어 광섬유나 PLC와의 효율적인 결합을 이룰 수 있다.

<34> 상기와 같이 흡수층(40)을 얇게 형성하면 입사된 빛의 작은 부분만 흡수층(40)에 걸리고 빛의 진행 과정에서 흡수가 천천히 그리고 조금씩 일어난다. 결국 좁은 영역에 걸쳐 다량의 전자와 정공이 발생하므로 광 검출기에 인가되는 전기장이 감소되어 동작속도가 저하되지 않는다. 그러나 흡수층(40)을 얇게 형성하면 광 검출기의 커패시턴스가 증가되는데, 본 발명은 이를 보완하기 위해 흡수층(40)의 하부에 도핑되지 않은 간격층(41)을 형성한다. 즉, p-클래드층(42)과 n-클래드층(43) 사이에 도핑되지 않은 층을 형성하여 간격을 증가시킴으로써 커패시턴스가 감소되어 동작속도의 증가를 이룰 수 있다. 이 때 정공 트래핑(hole trapping)이 발생되지 않도록 하기 위해 간격층(41)을 p-클래드층(42)쪽에 형성하지 않는다.

【발명의 효과】

<35> 상술한 바와 같이 본 발명은 얇은 흡수층을 코어로 이용하고 흡수층과 유사한 굴절율을 가지는 반도체를 클래드층으로 이용함으로써 빛이 큰 모드 크기를 가지고 도파될 수 있어 광섬유 또는 PLC와의 결합 효율이 우수해지고, 빛이 도파로를 조금씩 진행하게 됨으로써 높은 파워에서도 고속동작이 가능해 진다. 또한, 흡수층과 클래드층 사이의 굴절율 차이를 작게 함으로써 두 물질 사이의 작은 밴드갭 차이로 인해 발생하는 캐리어의 트래핑이 억제된다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

하부 및 상부 클래드층과,

상기 하부 및 상부 클래드층 사이에 형성되며, 도파로의 코어층 역할을 하는 흡수층과,

상기 흡수층 및 하부 클래드층 사이에 형성되며, 상기 흡수층보다 크고 상기 하부 클래드층보다 작거나 같은 밴드갭과 상기 흡수층과 유사하고 상기 하부 클래드층보다 크거나 같은 굴절률을 갖는 간격층을 포함하는 것을 특징으로 하는 도파로형 광 검출기.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서, 상기 흡수층은 도파되는 빛의 세기가 넓은 분포를 가지도록 $0.2\mu\text{m}$ 이하의 두께로 형성되고, 상기 상부 클래드층과의 굴절률 차이가 0.2보다 작은 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 도파로형 광 검출기.

【청구항 3】

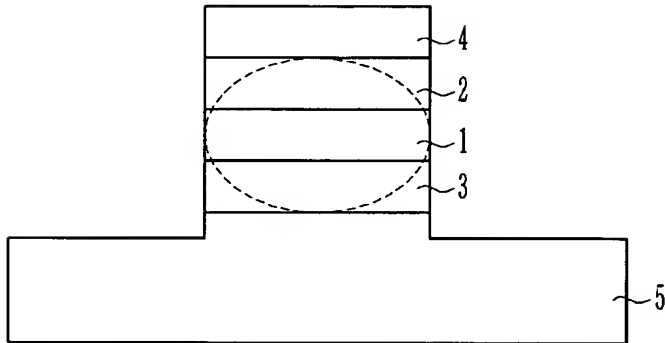
제 1 항에 있어서, 상기 간격층은 상기 하부 클래드층과 같은 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 도파로형 광 검출기.

【청구항 4】

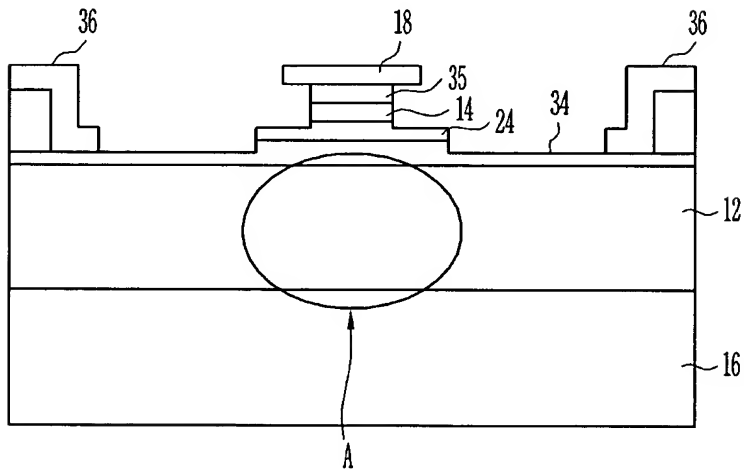
제 1 항에 있어서, 원하는 동작속도를 얻기 위해 상기 간격층 및 상기 흡수층의 밴드갭을 조절하는 것을 특징으로 하는 도파로형 광 검출기.

【도면】

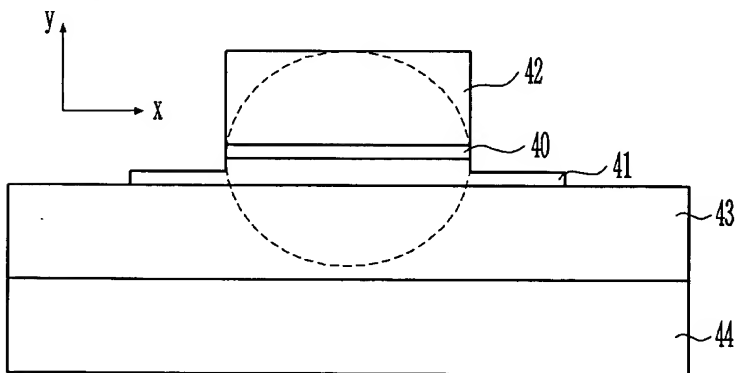
【도 1】



【도 2】



【도 3】



【도 4】

